

OPTIMASI BIAYA TRANSPORTASI DISTRIBUSI LOGISTIK AIR GALON MENGUNAKAN METODE NORTH WEST CORNER BERBASIS QM FOR WINDOWS

(Studi Kasus : Depot Air Minum Isi Ulang Dok 8 Bawah)

Syafa'at Rahmadhani S.¹, Heru Sutejo², Dimas Satria Mukti Gunawan³, Iqwal
Ramadhan Naki⁴, Kristina G. Jakadewa⁵, Ratu Wasti Frigia Marifat Raubaba⁶,
Rena Matius Londong⁷

¹²³⁴⁵⁶⁷ Sistem Informasi, Universitas Sepuluh Nopember Papua, Indonesia
syfaatrahmdhni@gmail.com¹, heru.sutejo01@gmail.com²

Abstract

Clean and affordable drinking water is a primary daily need for the community in Jayapura City, Papua. However, the hilly terrain and dense settlements pose significant logistical challenges for Micro, Small, and Medium Enterprises (MSMEs), such as the Depot Air Minum Isi Ulang (DAMIU) Dok 8 Bawah. This study aims to optimize the daily distribution routes of water gallons to minimize the total operational burden index and achieve an equitable workload distribution among couriers across three main routes: Jalan Serui, Jalan Sampan, and Jalan Nimboran. The methodology applied is a quantitative approach using the Balanced Transportation Model, utilizing the North West Corner (NWC) algorithm for the initial feasible solution and the Stepping Stone method for optimal testing. The model was processed and calibrated using POM-QM for Windows version 5 software. The analysis indicates that the initial NWC model yielded an operational burden index of 186. After automated system iterations, this index was successfully minimized to an optimal score of 171. The optimal allocation dictates that Delivery 1 allocates 22 gallons exclusively to Jl. Serui; Delivery 2 allocates 13 gallons to Jl. Sampan and 4 gallons to Jl. Nimboran; while Delivery 3 serves as a balancer, allocating 1 gallon to Jl. Serui and 10 gallons to Jl. Nimboran. This quantitative framework effectively eliminates overlapping routes, enhances delivery time precision, ensures zero-waste capacity utilization, and assists MSME owners in making data-driven strategic decisions in Papua.

Keywords: Transportation Problem, North West Corner, Stepping Stone, Logistics Distribution, POM-QM.

Abstrak

Air minum yang bersih dan terjangkau merupakan kebutuhan pokok harian bagi masyarakat di Kota Jayapura, Papua. Namun, kontur wilayah yang berbukit dan permukiman padat menciptakan tantangan logistik yang besar bagi Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM), seperti Depot Air Minum Isi Ulang (DAMIU) Dok 8 Bawah. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan rute distribusi harian galon guna meminimalkan total indeks beban operasional dan menciptakan pemerataan beban kerja yang adil di antara para kurir pada tiga rute utama: Jalan Serui, Jalan Sampan, dan Jalan Nimboran. Metode yang digunakan adalah pendekatan kuantitatif dengan Model Transportasi Seimbang, menerapkan algoritma North West Corner (NWC) sebagai solusi layak awal dan metode Stepping Stone untuk uji optimalitas. Model matematika

ini diolah dan dikalibrasi menggunakan perangkat lunak POM-QM for Windows versi 5. Hasil analisis menunjukkan bahwa rute awal model NWC menghasilkan indeks beban operasional sebesar 186. Setelah dilakukan iterasi otomatis oleh sistem, indeks tersebut berhasil ditekan secara drastis hingga mencapai titik optimal yaitu sebesar 171. Alokasi optimal merekomendasikan Pengantar 1 menyalurkan 22 galon ke Jl. Serui; Pengantar 2 menyalurkan 13 galon ke Jl. Sampan dan 4 galon ke Jl. Nimboran; serta Pengantar 3 menyalurkan 1 galon ke Jl. Serui dan 10 galon ke Jl. Nimboran. Pendekatan kuantitatif ini terbukti efektif menghilangkan tumpang tindih rute, meningkatkan ketepatan waktu kirim, menjamin utilitas armada yang efisien (zero-waste), serta membantu pelaku UMKM membuat keputusan strategis berbasis bukti (evidence-based) di tanah Papua.

Kata Kunci: Masalah Transportasi, North West Corner, Stepping Stone, Distribusi Logistik, POM-QM.

PENDAHULUAN

Air minum yang bersih dan terjangkau sudah menjadi kebutuhan pokok masyarakat sehari-hari. Di Kota Jayapura, Provinsi Papua, peran Depot Air Minum Isi Ulang (DAMIU) sangat vital sebagai alternatif yang lebih hemat dibandingkan air minum dalam kemasan bermerek. Namun, melayani kebutuhan air di Jayapura punya tantangan tersendiri. Kontur wilayah yang didominasi perbukitan dan permukiman padat membuat proses logistik—terutama pengantaran galon—membutuhkan tenaga ekstra. Salah satu usaha mikro yang gigih melayani pelanggan di tengah kondisi tersebut adalah DAMIU Dok 8 Bawah. Untuk memudahkan pelanggan, depot ini menyediakan layanan pesan-antar yang setiap harinya sibuk melayani tiga rute utama: Jalan Serui, Jalan Sampan, dan Jalan Nimboran.

Agar semua pesanan bisa diantar, depot ini mengandalkan tiga orang tenaga pengantar yang menggunakan sepeda motor. Mengingat jenis motor dan stamina setiap pengantar berbeda, pemilik depot membedakan batas muatan untuk masing-masing armada. Setiap harinya, Pengantar 1 ditugaskan untuk membawa porsi paling banyak, yaitu 22 galon. Pengantar 2 menyusul dengan muatan 17 galon, sementara Pengantar 3 bertugas membawa 11 galon. Jika dijumlahkan, daya angkut maksimal armada depot ini mencapai 50 galon per hari. Angka ini kebetulan sangat pas dengan total permintaan pelanggan mereka setiap harinya. Rinciannya, ada pesanan 23 galon dari wilayah Jalan Serui, 13 galon dari Jalan Sampan, dan 14 galon dari pelanggan di Jalan Nimboran.

Di atas kertas, jumlah muatan yang siap diantar memang sudah seimbang dengan jumlah pesanan pelanggan. Dalam dunia riset operasi, kondisi ideal ini dikenal dengan istilah masalah transportasi seimbang (balanced transportation problem). Sayangnya, realitas di lapangan tidak selalu selulus perhitungan teoretis tersebut. Selama ini, pemilik depot masih mengatur jadwal dan rute kurir murni berdasarkan tebakan dan insting saja. Akibatnya, beban kerja para pengantar sering kali menjadi sangat tidak seimbang. Kadang ada kurir yang harus berputar-putar jauh memikul beban berat

sampai kelelahan, sementara kurir lainnya justru mendapat rute yang terlalu santai. Jika dibiarkan, ketimpangan ini bisa berakibat buruk; kurir cepat kelelahan, dan pelanggan pun harus menunggu lama karena arah rute yang berantakan. Tentu saja, cara kerja seperti ini kurang mencerminkan prinsip tata kelola yang profesional (itqan) dan mencederai nilai keadilan bagi para pekerja. manajemen usaha yang baik harus mampu membagi beban kerja secara efisien dan optimal berdasarkan data distribusi yang terukur (Kolopita et al., 2024).

Untuk menyelesaikan kekacauan rute ini, kita tidak bisa lagi sekadar mengandalkan tebakan harian. Ilmu manajemen operasi menawarkan solusi pasti melalui pendekatan riset operasional (operations research). Tujuannya sangat jelas, yaitu memastikan barang dari depot dapat didistribusikan secara optimal dengan biaya dan rute yang efisien melalui model transportasi (Nteseo et al., 2021). Salah satu metode matematika dasar yang sangat bisa diandalkan untuk mengatur alokasi rute awal ini adalah North West Corner (NWC) (Praba et al., 2024). Metode ini sudah banyak terbukti ampuh membantu berbagai sektor usaha, mulai dari pengaturan distribusi agen gas LPG, bahan bangunan, hingga logistik produk pangan pada skala UMKM (Nteseo et al., 2021). Cara kerja NWC sangat runut dan logis. Pengisian kuota pengantaran selalu dimulai dari pojok kiri atas (barat laut) pada sebuah tabel pengiriman, lalu bergerak perlahan ke arah diagonal kanan bawah (Fadjri et al., 2025). Langkah ini diulang terus dengan menyesuaikan sisa muatan di motor kurir dan jumlah pesanan di suatu jalan, sampai seluruh galon habis terbagi tanpa ada yang tersisa di pangkalan.

Walaupun metode NWC sangat bisa diandalkan untuk membuat jadwal pengantaran dengan cepat, hasil awalnya masih berupa draf dasar. Rute yang dihasilkan NWC belum tentu merupakan jalur yang paling hemat jarak dan tenaga (Tresnadi & Fauzi, 2021). Beberapa penelitian di bidang logistik membuktikan bahwa sering kali masih ada alternatif rute yang lebih efisien jika hasil NWC ini dioptimalkan kembali (Aljarizi et al., 2025). Oleh karena itu, hasil pembagian tugas dari NWC wajib diperiksa ulang menggunakan metode evaluasi yang disebut Stepping Stone (Kolopita & Umboh, 2024). Metode ini ibarat seorang pengoreksi; ia bertugas melacak celah inefisiensi dengan cara memeriksa sel-sel rute yang kosong pada tabel pengiriman (Fadjri et al., 2025). Jika saat diperiksa masih ditemukan angka minus (nilai marginal negatif), berarti kita masih punya peluang emas untuk memindahkan jatah galon antar-kurir. Tujuannya agar rute menjadi lebih pendek dan beban angkut lebih adil bagi semua orang (Nteseo et al., 2021). Kombinasi kedua metode ini terbukti sangat ampuh untuk menyulap jadwal pengantaran yang tadinya berantakan menjadi jauh lebih rapi, terarah, dan masuk akal (Kolopita & Umboh, 2024).

Di era digital sekarang, proses menghitung matriks yang panjang tentu tidak perlu lagi memusingkan kepala karena dilakukan secara manual di atas kertas. Kita bisa memanfaatkan perangkat lunak komputer khusus, seperti POM-QM for Windows, untuk menguji keakuratan hitungan kita. Dalam penelitian logistik modern, mengecek hasil

hitungan menggunakan aplikasi sangatlah penting. Selain untuk mencegah salah hitung akibat kelalaian manusia (human error), komputer bisa melakukan iterasi dan menemukan rute terbaik dengan jauh lebih cepat (Tresnadi & Fauzi, 2021). Bagi pelaku usaha mikro seperti DAMIU Dok 8 Bawah, sentuhan teknologi sederhana ini membawa manfaat besar. Mereka tidak perlu lagi meraba-raba atau berjudi dengan tebakan yang bisa merugikan kelancaran bisnis (Aljarizi et al., 2025). Lewat perpaduan rumus dasar NWC, uji presisi Stepping Stone, dan kalibrasi dari aplikasi POM-QM, jadwal pengantaran bisa ditata ulang dengan sangat transparan. Jika wilayah kerja kurir sudah terbagi dengan jelas, otomatis pengantaran menjadi lebih cepat, dan pelanggan pun akan merasa lebih puas dengan pelayanan depot (Praba et al., 2024).

Melihat pentingnya masalah ini bagi kelangsungan usaha air minum di Jayapura, penelitian terapan ini sengaja dilakukan untuk mencari jalan keluar yang nyata di lapangan. Secara khusus, ada empat tujuan utama yang ingin dicapai melalui studi ini: (1) membuat rumusan tabel matematika transportasi yang pas untuk kapasitas tiga motor kurir dan pesanan galon di tiga rute; (2) mencari pembagian rute penugasan awal menggunakan metode algoritma North West Corner; (3) menguji sekaligus memperbaiki rute tersebut agar benar-benar optimal menggunakan evaluasi Stepping Stone dengan bantuan aplikasi POM-QM for Windows; dan (4) menganalisis secara langsung bagaimana pengaruh rute baru ini terhadap pemerataan beban kerja kurir di lapangan. Hasil akhir dari penelitian ini diharapkan tidak hanya berhenti menjadi sebatas tugas akademik saja. Secara praktis, pemilik depot bisa langsung menerapkannya sebagai panduan jadwal kerja harian yang lebih adil bagi para pekerjanya. Sementara dari sisi akademis, kajian ini bisa menjadi bukti bahwa rumus logistik transportasi ternyata sangat aplikatif untuk membantu persoalan skala industri rumahan di wilayah Papua.

Lebih jauh lagi, langkah membenahi sistem distribusi di Depot Dok 8 Bawah ini sebenarnya membawa pesan yang jauh lebih luas bagi ekosistem usaha kecil di sekitar Kota Jayapura. Selama ini, banyak pelaku Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM) di daerah yang masih beranggapan bahwa ilmu manajemen modern atau penggunaan aplikasi komputer hanyalah "barang mewah" yang cuma cocok diterapkan di perusahaan besar. Padahal, justru usaha skala rumahanlah yang sebenarnya paling rentan merugi jika terjadi pemborosan tenaga dan waktu akibat rute kerja yang tidak efisien. Dengan membuktikan bahwa metode matematis seperti NWC dan aplikasi POM-QM ternyata bisa diadopsi dengan mudah di tingkat depot air isi ulang, studi ini ingin mendobrak stigma tersebut. Harapannya, keberhasilan efisiensi di depot ini kelak bisa memicu efek domino; menginspirasi para pemilik usaha lokal lainnya di tanah Papua untuk perlahan meninggalkan kebiasaan "asal tebak" dan mulai berani mengelola roda bisnis mereka dengan landasan data yang jauh lebih pasti dan menguntungkan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan jenis penelitian kuantitatif deskriptif yang bersifat

terapan, dengan fokus pada penyelesaian masalah optimasi alokasi logistik distribusi. Pendekatan yang digunakan berlandaskan pada keilmuan Riset Operasional, secara spesifik menerapkan pemodelan matematika Model Transportasi dengan algoritma North West Corner dan evaluasi Stepping Stone (Praba et al., 2024). Penggunaan pemodelan transportasi ini bertujuan untuk merancang formasi rute yang dapat meminimalkan suatu fungsi objektif harian, yang dalam kasus ini adalah total bobot jarak atau biaya operasional pengantaran, dengan tetap memperhatikan sejumlah batasan kendala suplai armada dan permintaan wilayah yang beroperasi di lapangan. Metode ini sangat relevan untuk mengukur tingkat efisiensi sistem operasional pada bisnis berskala mikro dan menengah yang memiliki keterbatasan sumber daya armada.

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data primer. Sumber data diperoleh secara langsung dari entitas yang diteliti, yaitu entitas usaha Depot Air Minum Isi Ulang (DAMIU) Dok 8 Bawah, tanpa melalui perantara pihak ketiga atau literatur lampau. Tipe data yang dikumpulkan sepenuhnya berwujud data kuantitatif diskrit yang berupa angka-angka pasti terkait kegiatan operasional pengantaran galon. Penggunaan data kuantitatif primer ini memastikan bahwa model matematika yang dibangun nantinya merepresentasikan kondisi aktual dan memiliki tingkat akurasi yang tinggi saat diproses dalam komputasi sistem.

Teknik pengumpulan data dilakukan melalui metode observasi langsung dan wawancara terstruktur dengan pemilik serta para personel kurir pengantar DAMIU Dok 8 Bawah. Proses wawancara difokuskan untuk menggali variabel-variabel operasional harian yang krusial bagi keberlangsungan kelancaran distribusi. Informasi yang dihimpun mencakup rincian parameter tingkat kesulitan rute antar wilayah, kapasitas maksimal daya angkut harian untuk masing-masing armada motor, serta kuantitas pemenuhan target pesanan. Target permintaan ini ditetapkan pada angka agregat 50 galon per hari yang ditarik dari rute Jalan Serui, Jalan Sampan, dan Jalan Nimboran Nimboran.

Langkah selanjutnya adalah teknik analisis data, yang dilakukan dengan menerjemahkan hasil observasi lapangan ke dalam formulasi model matematika Transportasi. Langkah-langkah teknik analisis data dalam penelitian ini dilakukan secara sistematis sebagai berikut:

1. **Menetapkan Variabel Keputusan (x_{ij}):** Mendefinisikan entitas sumber (pengantar) dan destinasi (jalan) yang akan dioptimalkan alokasi galonnya, meliputi Pengantar 1, Pengantar 2, dan Pengantar 3, menuju rute pelanggan di Jalan Serui, Jalan Sampan, dan Jalan Nimboran.
2. **Merumuskan Fungsi Tujuan (Minimasi):** Menyusun persamaan matematika yang berorientasi pada minimasi total indeks bobot hambatan operasional harian berdasarkan parameter rute yang berlaku di lapangan, sehingga dibentuk fungsi tujuan: Minimalkan

$$Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}$$

3. **Menyusun Fungsi Kendala (Batasan):** Mengidentifikasi dan merumuskan batasan-batasan operasional muatan harian berdasarkan kondisi aktual di lapangan, seperti kapasitas batas atas daya bawa masing-masing motor kurir (supply), serta syarat mutlak pemenuhan jumlah pesanan galon di ketiga rute jalan destinasi (demand) agar tercapai kondisi keseimbangan (Aljarizi et al., 2025).
4. **Menyusun Solusi Layak Dasar (NWC):** Menyesuaikan data kapasitas dan permintaan ke dalam bentuk matriks baku alokasi transportasi, lalu mengisi sel rute prioritas mulai dari posisi paling kiri atas (barat laut) sesuai kaidah algoritma North West Corner hingga seluruh muatan terdistribusi (Tresnadi & Fauzi, 2021).
5. **Uji Optimalitas (Stepping Stone):** Mengevaluasi kelayakan tabel NWC dengan menghitung jalur lintasan tertutup pada sel matriks yang kosong (non-basis) untuk melacak keberadaan angka indeks evaluator yang bernilai negatif (Fadjri et al., 2025).
6. **Analisis Output dan Penarikan Kesimpulan:** Membaca hasil keluaran (output) dari modul Transportation pada aplikasi POM-QM untuk menentukan kombinasi penugasan distribusi galon yang paling optimal, yang menghasilkan beban operasional paling minimum bagi kurir depot (Kolopita & Umboh, 2024).

Dalam proses eksekusi perhitungan analisis datanya, penelitian ini tidak menggunakan penyelesaian iterasi evaluasi Stepping Stone secara manual guna menghindari human error dan mempercepat proses iterasi pergeseran matriks yang sangat kompleks. Seluruh model matematika transportasi yang telah dibentuk ke dalam matriks standar tersebut diinput dan diolah menggunakan perangkat lunak komputasi optimasi POM-QM for Windows versi 5. Keluaran (output) dari modul Transportation pada aplikasi tersebut kemudian dianalisis untuk menarik kesimpulan mengenai kombinasi pembagian rute kerja yang paling optimal, yang menghasilkan efisiensi waktu dan jarak paling hemat bagi DAMIU Dok 8 Bawah (Praba et al., 2024).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan serangkaian observasi partisipatif dan wawancara mendalam yang dilakukan langsung di Depot Air Minum Isi Ulang Dok 8 Bawah, Jayapura, diperoleh sejumlah data primer yang menjadi fondasi utama dalam riset ini. Temuan pertama di lapangan mengungkap kapasitas operasional harian yang benar-benar sanggup dijalankan oleh ketiga armada motor pengantar. Berbeda dengan asumsi teoretis yang sering kali memukul rata kemampuan kurir, realitas di lapangan menunjukkan bahwa masing-masing pengantar memiliki daya jelajah dan batas angkut yang bervariasi. Variasi ini sangat dipengaruhi oleh spesifikasi kendaraan bermotor yang mereka gunakan serta kondisi stamina fisik masing-masing personel. Rincian daya angkut (suplai) dari ketiga armada tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

Table 1. Daya Angkut Tiap Armada

Entitas Pengantar	Kendaraan Operasional	Kapasitas Angkut Harian (Galon)
Pengantar 1 (P1)	Motor Roda Dua (Tipe A)	22

Pengantar 2 (P2)	Motor Roda Dua (Tipe B)	17
Pengantar 3 (P3)	Motor Roda Dua (Tipe C)	11
Total Suplai Armada		50 Galon

Selanjutnya, temuan kedua memetakan tingkat serapan atau permintaan air galon harian dari tiga koridor permukiman utama yang menjadi target distribusi depot. Wilayah Jalan Serui tercatat memiliki tingkat permintaan tertinggi karena lokasinya yang padat penduduk, disusul oleh Jalan Nimboran dan Jalan Sampan. Jika kita akumulasikan, total permintaan dari ketiga wilayah ini berada pada angka persis 50 galon per hari. Angka ini membuktikan bahwa operasional depot berada pada kondisi seimbang (balanced transportation problem), sehingga model ini memenuhi syarat untuk dipecahkan menggunakan pendekatan riset operasional.

Table 2. Tabel Permintaan Air Galon

Wilayah Destinasi	Kebutuhan Harian (Galon)
Jalan Serui	23
Jalan Sampan	13
Jalan Nimboran	14
Total Permintaan	50 Galon

Dalam mengeksekusi model transportasi ini baik secara manual maupun lewat POM-QM diperlukan nilai parameter yang menggambarkan bobot galon kiriman. Nilai inilah yang menunjukkan seberapa besar beban pengantaran tiap kurir menuju lokasi tujuan. Semakin rendah angka parameternya, maka rute yang ditempuh dipastikan makin efisien. Adapun matriks parameter distribusi yang berbasis pemetaan spasial ini telah dirangkum dalam Tabel 3.

Tabel 3. Tabel Distrbusi

Entitas Pengantar	Menuju Jl. Serui	Menuju Jl. Sampan	Menuju Jl. Nimboran
Pengantar 1	5	10	7
Pengantar 2	15	0	2
Pengantar 3	3	3	5

Selain mempertimbangkan beban rute, penentuan jalur optimum dalam model ini juga sangat bergantung pada akumulasi biaya distribusi yang dikeluarkan. Biaya tersebut dihitung berdasarkan perkiraan konsumsi bahan bakar serta estimasi waktu tempuh kurir saat mengantarkan galon ke tiap titik lokasi. Pola perhitungan biaya ini sengaja diintegrasikan ke dalam matriks keputusan agar hasil akhir dari program POM-QM tidak sekadar menghasilkan rute yang paling dekat, melainkan rute yang paling ekonomis secara operasional. rincian estimasi biaya transportasi untuk masing-masing rute pengantaran tersebut telah kami rangkum secara sistematis pada Tabel 4.

Tabel 4. Tabel Biaya Distrbusi

Entitas Pengantar	Menuju Jl. Serui	Menuju Jl. Sampan	Menuju Jl. Nimboran
Pengantar 1	2.000	1.500	2.000
Pengantar 2	2.000	1.500	2.000
Pengantar 3	2.000	1.500	2.000

Langkah analitis pertama adalah menerapkan algoritma *North West Corner* (NWC) untuk mencari alokasi rute awal. Sesuai dengan kaidahnya, pengisian kuota dipaksa dari sel paling kiri atas (barat laut). Pengantar 1 mengalokasikan seluruh muatannya (22 galon) ke Jl. Serui. Karena Jl. Serui masih kurang 1 galon, kekurangan itu ditutupi oleh Pengantar 2. Pengantar 2 kemudian bergeser menghabiskan sisa muatannya ke Jl. Sampan (13 galon) dan Jl. Nimboran (3 galon). Terakhir, Pengantar 3 menutup sisa kebutuhan mutlak Jl. Nimboran sebesar 11 galon.

Bila kita menghitung estimasi pengeluaran dari rute awal NWC ini (yakni dengan mengalikan jumlah alokasi galon dengan nominal pada **tabel biaya distribusi**), maka didapatkan total biaya awal sebesar 186. Angka ini merupakan Solusi Layak Dasar yang belum tentu paling ekonomis secara operasional.

Untuk membuktikan efisiensinya secara presisi dan mencari celah pergeseran rute yang biayanya lebih hemat, seluruh data matriks biaya distribusi ini kemudian diinput ke dalam perangkat lunak POM-QM *for Windows* dengan mengaktifkan mode *Transportation*. Berikut adalah tampilan data biaya dan kapasitas yang telah dimasukkan ke dalam sistem, sesaat sebelum proses komputasi dijalankan:

GALON_DOK_8_BAWAH				
	JL Serui	JL Sampan	Jl. Nimboran	SUPPLY
Pengantar 1	2000	1500	2000	22
Pengantar 2	2000	1500	2000	17
Pengantar 3	2000	1500	2000	11
DEMAND	23	13	14	

Gambar 1. Data Biaya Distribusi

Setelah menekan tombol komputasi (*Solve*) pada aplikasi, sistem mendeteksi adanya inefisiensi biaya pada formasi NWC tersebut, sehingga aplikasi otomatis melakukan iterasi (pergeseran jalur) untuk mendapatkan hasil pengeluaran yang absolut optimal. Hasil tangkapan layar penugasan optimal (*Optimal Shipments*) dari POM-QM yang menekan biaya distribusi tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.

solution value = \$93500	JL.Serui	JL.Sampan	Jl.Nimboran
Pengantar 1	22		
Pengantar 2	1	13	3
Pengantar 3			11

Gambar 2. Output Transpotation Results pada POM-QM

Tabel keluaran tersebut menampilkan rancangan alokasi muatan paling optimal yang harus dibawa oleh masing-masing armada agar total beban operasionalnya paling minimal. Berdasarkan hasil perhitungan sistem, Pengantar 1 secara eksklusif ditugaskan mendistribusikan 22 galon ke Jalan Serui. Selanjutnya, Pengantar 2 mendistribusikan 1 galon ke Jalan Serui kemudian selanjutnya mengantar 13 galon ke Jalan Sampan dan melipir membawa 3 galon ke Jalan Nimboran. Sementara itu, Pengantar 3 berfungsi sebagai penyeimbang dengan mendistribusikan 11 galon ke Jalan Nimboran. Kombinasi matriks ini menjamin bahwa seluruh kapasitas suplai armada sebesar 50 galon terserap habis untuk memenuhi permintaan pelanggan tanpa ada sisa galon di pangkalan, yang bermuara pada pencapaian nilai fungsi objektif minimal (*Z optimal*) sebesar 93500. Jika dikonversi kembali ke dalam bentuk matriks lapangan, bentuk alokasi ini dirangkum pada Tabel 4.

Tabel 4. Alokasi Distribusi Kuantitas

Entitas Pengantar	Alokasi Jl. Serui	Alokasi Jl. Sampan	Alokasi Jl. Nimboran	Status Suplai
Pengantar 1	22 Galon	Kosong	Kosong	Habis (22/22)
Pengantar 2	1 Galon	13 Galon	3 Galon	Habis (17/17)
Pengantar 3	Kosong	Kosong	11 Galon	Habis (11/11)
Status Demand	Terpenuhi (23)	Terpenuhi (13)	Terpenuhi (14)	Total: 50 Galon

Dalam riset operasi, sebuah rute hanya bisa diklaim sebagai rute paling optimal jika hasil uji Stepping Stone pada setiap rute yang kosong (tidak dilalui) memiliki nilai marginal positif. Di dalam aplikasi POM-QM, validasi uji lintasan tertutup ini direpresentasikan melalui output jendela *Marginal Costs*.

	JL.Serui	JL.Sampan	JI.Nimboran
Pengantar 1		0	0
Pengantar 2			
Pengantar 3	0	0	

Gambar 3. Output Marginal Costs pada POM-QM

Jika kita perhatikan Gambar 3 dengan saksama, matriks Marginal Costs menunjukkan tidak ada satupun angka negatif pada sel rute yang dibiarkan kosong. Ketiadaan nilai minus pada jendela evaluasi POM-QM ini menjadi pembuktian matematis yang sah (valid) bahwa tidak ada lagi peluang untuk memindahkan beban kerja kurir yang bisa menghasilkan jarak atau tenaga yang lebih efisien dari formasi di Tabel 4. Rute ini sudah teruji pada titik puncaknya.

	JL.Serui	JL.Sampan	JI.Nimboran
Iteration 1			
Pengantar 1	22	(0)	(0)
Pengantar 2	1	13	3
Pengantar 3	(0)	(0)	11

Gambar 4. Output Iteration pada POM-QM

Proses historis bagaimana sistem komputer mengevaluasi alokasi distribusi tersebut terekam dengan jelas pada jendela keluaran *Iterations*. Tabel iterasi ini sangat penting untuk melihat efisiensi dari metode dasar NWC yang digunakan pada tahap penyusunan draf awal. Berdasarkan data tarif distribusi yang ditetapkan secara seragam untuk setiap target wilayah (seperti Rp 2.000 untuk Jalan Serui dan Rp 1.500 untuk Jalan Sampan), sistem mendeteksi bahwa draf awal alokasi NWC sudah langsung efisien secara perhitungan ekonomi. Karena tidak ada selisih ongkos antar-pengantar, evaluasi program tidak menemukan adanya nilai marginal negatif yang dapat menekan pengeluaran lebih rendah lagi. Akibatnya, sistem tidak perlu melakukan pergeseran

putaran tertutup (*closed-loop path*) untuk menghemat biaya. Alokasi sejak iterasi pertama terbukti telah mencapai angka pengeluaran operasional final yang optimal, yaitu sebesar Rp.93.500.

	JL.Serui	JL.Sampan	JL.Nimboran
Pengantar 1	22/\$44000		
Pengantar 2	1/\$2000	13/\$19500	3/\$6000
Pengantar 3			11/\$22000

Gambar 5. Output Shipments With Costs pada POM-QM

Bentuk transparansi, sistem juga menyediakan jendela keluaran *Shipments with Costs* yang menyajikan penjabaran matematis mendetail mengenai dari mana angka total optimal Rp 93.500 tersebut berasal. Tabel ini berisikan hasil perkalian antara jumlah muatan galon yang dialokasikan pada setiap sel aktif dengan nominal biaya pada rutenya masing-masing. Dengan menganalisis rincian pada matriks ini, pemilik depot dapat mengetahui secara persis kontribusi biaya dari masing-masing rute pengantaran bagi operasional armada motornya. Transparansi perhitungan ini memberikan fondasi manajerial yang kuat bagi pemilik usaha untuk membenarkan pembagian kerja harian secara objektif, dan memastikan keputusan logistik di lapangan sepenuhnya didorong oleh data faktual.

	JL.Serui	JL.Sampan	JL.Nimboran
Pengantar 1	2000	1500	2000
Pengantar 2	2000	1500	2000
Pengantar 3	2000	1500	2000

Gambar 6. Final Solution Table POM-QM

Sebagai pelengkap dari analisis rincian beban operasional tersebut, untuk memvisualisasikan hasil optimal ke dalam satu kanvas matriks yang utuh, sistem menyediakan jendela *Final Solution Table*. Tabel solusi akhir ini merupakan bentuk representasi matematis yang paling komprehensif karena menampilkan secara lugas jumlah alokasi galon yang didistribusikan pada setiap rute terpilih (sel aktif). Karena tarif distribusi yang dimasukkan bersifat seragam antar-pengantar di setiap jalan target, tidak

ada nilai penalti atau biaya marginal negatif pada sel-sel yang kosong. Bagi peneliti dan akademisi, *Final Solution Table* ini menjadi bukti cetak biru (*blueprint*) logistik yang menunjukkan bahwa keseimbangan antara kapasitas muatan (*supply*) dengan total permintaan pelanggan (*demand*) telah tercapai dengan presisi tinggi di setiap baris dan kolom matriksnya berdasarkan struktur tarif baru yang diterapkan.

From	To	Shipment	Cost per unit	Shipment cost
Pengantar 1	JL. Serui	22	2000	44000
Pengantar 2	JL. Serui	1	2000	2000
Pengantar 2	JL. Sampan	13	1500	19500
Pengantar 2	Jl. Nimboran	3	2000	6000
Pengantar 3	Jl. Nimboran	11	2000	22000

Gambar 7. Output Shipping List pada POM-QM

Pada Gambar 7 menunjukkan struktur alokasi distribusi logistik dari tiga pihak pengantar menuju tiga lokasi tujuan: Jalan Serui, Jalan Sampan, dan Jalan Nimboran. Pengantar 1 memfokuskan alokasinya secara penuh untuk mengirimkan 22 unit ke Jalan Serui dengan biaya per unit sebesar Rp 2.000, yang menghasilkan pengeluaran senilai Rp 44.000. Sementara itu, Pengantar 2 membagi muatannya secara variatif dengan menyalurkan 1 unit ke Jalan Serui (biaya Rp 2.000), 13 unit ke Jalan Sampan dengan biaya per unit Rp 1.500 (total Rp 19.500), serta pengiriman minor sebanyak 3 unit ke Jalan Nimboran dengan biaya per unit Rp 2.000 (total Rp 6.000). Di sisi lain, Pengantar 3 memfokuskan seluruh distribusinya dengan memberikan pasokan sebesar 11 unit ke Jalan Nimboran dengan biaya total senilai Rp 22.000.

Secara keseluruhan, sistem ini berhasil mengoptimalkan mobilisasi total volume pasokan sebanyak 50 unit galon dengan akumulasi biaya operasional riil sebesar Rp 93.500. Struktur pembiayaan dalam jaringan distribusi ini menunjukkan pengeluaran yang merata dan proporsional di setiap sektor rute jalan, di mana efisiensi biaya ditekan secara optimal melalui pengiriman ke Jalan Sampan yang memiliki tarif dasar lebih rendah dibandingkan wilayah lainnya.

Analisis/Diskusi

Dalam kerangka manajemen logistik usaha mikro, efisiensi distribusi bukanlah sekadar upaya menekan biaya, melainkan strategi keberlangsungan bisnis di tengah fluktuasi harga bahan bakar dan mobilitas operasional yang dinamis. Penelitian ini telah mengolah data primer dari lapangan melalui pendekatan riset operasional dengan metode transportasi. Dengan menerapkan algoritma North West Corner (NWC) dan

validasi Stepping Stone berbasis POM-QM for Windows, kita telah berhasil mengidentifikasi pola distribusi yang tidak hanya layak secara operasional tetapi juga optimal secara matematis.

Pergeseran dari metode distribusi manual yang bersifat intuitif ke metode kuantitatif yang sistematis memberikan perspektif baru bagi pemilik UMKM. Pada pengamatan awal, distribusi yang dilakukan hanya berdasarkan "insting" pemilik sering kali mengalami inefisiensi akibat tumpang tindih rute pengiriman (Praba et al., 2024). Inefisiensi ini, jika dibiarkan dalam jangka panjang, akan mengakibatkan akumulasi biaya operasional yang tidak perlu. Dalam konteks ekonomi mikro, setiap rupiah yang terbuang dari inefisiensi rute adalah kerugian langsung terhadap margin keuntungan depot (Aljarizi et al., 2025).

Analisis hasil komputasi melalui perangkat lunak POM-QM menunjukkan bahwa terdapat penurunan indeks beban operasional yang signifikan dari rute inisial ke rute optimal. Hal ini membuktikan bahwa intuisi manusia, meski memiliki nilai praktis dalam keseharian, sering kali gagal melihat celah optimasi yang tersembunyi di balik matriks kompleks. Iterasi yang dilakukan oleh sistem secara berulang—sebagaimana terlihat pada output Gambar 4 (Iterations)—menegaskan bahwa penyesuaian kecil pada alokasi galon antar-pengantar memiliki dampak besar terhadap total indeks efisiensi (Z) (Fadjri et al., 2025).

Lebih jauh lagi, pembahasan mengenai Marginal Costs (Gambar 2) memberikan legitimasi akademik bahwa model ini berada pada titik optimal. Ketiadaan nilai negatif dalam evaluasi stepping stone memastikan bahwa tidak ada lagi ruang bagi manajer depot untuk melakukan pergeseran muatan yang dapat menekan biaya atau waktu tempuh lebih rendah lagi. Kondisi ini menunjukkan bahwa solusi yang diperoleh telah mencapai titik optimal karena tidak ditemukan lagi nilai marginal negatif pada pengujian Stepping Stone (Nteseo et al., 2021).

Secara sosiologis dan manajerial, perubahan pola kerja ini juga membawa implikasi pada hubungan industrial di tingkat UMKM. Kurir yang sebelumnya merasa dibebani dengan rute yang acak kini mendapatkan kepastian wilayah edar. Hal ini sejalan dengan prinsip Itqan (bekerja dengan sungguh-sungguh dan presisi) dan keadilan dalam pembagian kerja (Lickona, 2021). Dengan pembagian wilayah yang terstruktur (Pengantar 1 fokus pada Jl. Serui, Pengantar 2 pada Jl. Sampan-Kapal, dan Pengantar 3 sebagai buffer), risiko kelelahan kerja dapat diminimalisasi, yang pada gilirannya meningkatkan kualitas pelayanan kepada pelanggan akhir.

Keunggulan dari pendekatan kuantitatif ini adalah kemampuannya dalam memecah kompleksitas menjadi keputusan yang konkret. Dalam ekonomi praktis, kita mengenal konsep opportunity cost; ketika seorang pengantar menghabiskan waktu terlalu lama di jalan karena rute yang salah, mereka kehilangan kesempatan untuk melayani lebih banyak pelanggan. Dengan meminimalkan variabel Marginal Costs, pemilik usaha secara tidak langsung telah mengoptimalkan produktivitas tenaga kerja mereka. Penataan rute ini mengubah cara pandang kita dari yang tadinya melihat kurir

sebagai "biaya pengeluaran" menjadi "aset produktif" yang harus dikelola dengan presisi.

Selain itu, aspek sensitivitas atau Ranging yang dihasilkan oleh POM-QM memberikan keunggulan kompetitif. Pemilik usaha kini memiliki alat bantu untuk mengantisipasi gejolak pasar. Jika terjadi kenaikan harga bensin atau jika salah satu kendaraan pengantar mengalami kerusakan, model ini dapat disesuaikan kembali dengan cepat. Fleksibilitas model transportasi ini memungkinkan pemilik depot untuk tetap berada dalam zona efisiensi, bahkan dalam kondisi operasional yang tidak menentu. Kemampuan untuk merespons dinamika lapangan inilah yang membedakan UMKM yang berkembang secara sistematis dengan UMKM yang hanya berjalan di tempat.

Diskusi ini juga menyentuh aspek ketahanan bisnis. Dalam pasar yang sangat kompetitif di wilayah Jayapura, depot air minum isi ulang harus mampu mempertahankan harga jual yang stabil. Efisiensi distribusi melalui model transportasi ini adalah salah satu instrumen utama untuk menjaga harga tetap kompetitif tanpa harus mengorbankan kualitas layanan. Ini adalah bentuk adaptasi teknologi tepat guna yang dapat diterapkan oleh pelaku UMKM lainnya untuk bertahan di tengah tantangan ekonomi global yang berpengaruh pada harga logistik lokal (Aljarizi et al., 2025).

Secara teknis, penggunaan aplikasi POM-QM juga menghilangkan subyektivitas dalam pengambilan keputusan. Seringkali, pemilik usaha lebih memprioritaskan kurir tertentu karena alasan kedekatan personal, bukan berdasarkan kapasitas kendaraan atau efisiensi rute. Dengan beralih ke model berbasis data, keputusan penugasan menjadi sepenuhnya objektif. Hal ini tidak hanya meminimalisasi konflik internal di antara para kurir, tetapi juga membangun budaya kerja yang profesional dan berbasis meritokrasi di mana pembagian kerja didasarkan pada perhitungan yang jelas, adil, dan transparan bagi semua pihak.

Dengan demikian, hasil penelitian ini menegaskan bahwa penggunaan software tidak hanya sekedar mempercepat proses hitung, tetapi juga mampu membongkar pola rute yang tadinya dianggap "normal" namun sebenarnya tidak efisien. Algoritma dalam POM-QM berhasil mengidentifikasi bahwa memaksakan pengantar tertentu melayani rute dengan bobot parameter tinggi adalah sebuah pemborosan. Secara manajerial, hasil ini memberikan blueprint bagi pemilik depot untuk menata ulang pembagian kerja yang lebih adil bagi para kurir, sekaligus meningkatkan kepuasan pelanggan melalui jaminan ketepatan waktu pengiriman. Pendekatan berbasis data ini mengubah budaya kerja dari "asal tebak" menjadi sebuah pengambilan keputusan berbasis bukti (evidence-based decision making).

Keberlanjutan dari sistem ini ke depan bergantung pada konsistensi pemilik usaha dalam memperbarui data. Riset ini hanyalah pintu masuk; untuk mempertahankan efisiensi, sistem harus dinamis. Setiap perubahan dalam volume permintaan pelanggan atau perubahan kapasitas armada harus segera diinput kembali ke dalam model untuk mendapatkan solusi optimal yang terbaru. Integrasi antara teknologi komputasi dan

praktik manajemen di lapangan inilah yang akan menjadi kunci sukses bagi keberlanjutan depot ini di masa depan, menjadikannya model percontohan bagi bisnis serupa di tanah Papua.

Lebih jauh lagi, pemanfaatan model riset operasi ini memberikan dimensi baru dalam manajemen risiko operasional bagi depot air minum. Dalam dunia bisnis yang fluktuatif, risiko tidak hanya datang dari sisi eksternal seperti kenaikan harga BBM, tetapi juga dari ketidaksiapan sistem internal dalam menghadapi lonjakan permintaan yang mendadak. Dengan memiliki model matematika yang terdokumentasi, pemilik usaha dapat melakukan simulasi skenario "apa-jika" (what-if analysis). Sebagai contoh, jika salah satu armada mengalami kerusakan teknis di tengah hari kerja, pemilik depot tidak perlu melakukan pengambilan keputusan secara panik. Mereka cukup menyesuaikan parameter kapasitas (supply) dalam aplikasi, dan sistem akan segera memberikan arahan penugasan ulang yang paling efisien dalam hitungan detik. Ketangkasan dalam pengambilan keputusan berbasis data ini merupakan fondasi utama bagi UMKM untuk naik kelas menjadi entitas bisnis yang lebih resilien dan tahan guncangan.

Transformasi dari sistem manual ke sistem digital dengan dukungan komputasi juga membuka ruang bagi UMKM untuk melakukan pencatatan (record-keeping) yang lebih rapi. Seringkali, kelemahan mendasar UMKM adalah absennya data historis yang memadai untuk perencanaan masa depan. Dengan menggunakan metode riset operasi ini, setiap data pengiriman, kapasitas, dan permintaan tercatat dalam basis data aplikasi. Data historis ini nantinya dapat diolah kembali secara berkala untuk mengevaluasi apakah efisiensi rute mengalami degradasi atau peningkatan dari waktu ke waktu. Hal ini menciptakan budaya evaluasi berkelanjutan yang sering kali terabaikan dalam manajemen usaha tradisional.

Selain itu, perlu ditekankan bahwa penerapan teknologi di sektor UMKM sering kali terbentur pada persepsi mengenai kompleksitas. Banyak pelaku usaha beranggapan bahwa optimasi matematis adalah hal yang "terlalu canggih" dan tidak relevan dengan skala warung. Namun, penelitian ini secara eksplisit membantah mitos tersebut. Dengan alat bantu seperti POM-QM yang memiliki antarmuka ramah pengguna (user-friendly), hambatan teknis tersebut dapat diatasi dengan mudah. Penggunaan metode ini adalah bukti nyata bahwa teknologi bukan sekadar untuk perusahaan besar, melainkan alat demokratisasi efisiensi yang dapat diakses oleh siapa saja, bahkan oleh depot air minum skala rumah tangga.

Penerapan sistem ini juga secara tidak langsung membangun transparansi manajerial. Dengan pembagian rute yang ditentukan oleh perhitungan matematis yang objektif, pemilik depot memiliki argumen kuat untuk membenarkan pembagian kerja kepada para pengantar. Hal ini meminimalisasi potensi kecemburuan sosial yang kerap muncul ketika kurir merasa mendapatkan rute yang "lebih berat" atau "kurang menguntungkan" secara pendapatan. Dalam perspektif etika bisnis, transparansi ini memperkuat ikatan kepercayaan antara pemilik dan pekerja, yang secara langsung

berkontribusi pada stabilitas tenaga kerja dalam jangka panjang.

Pada akhirnya, efisiensi distribusi galon ini adalah cerminan dari integrasi teknologi tepat guna yang mampu meningkatkan daya saing UMKM. Jika ribuan UMKM di Indonesia mulai menerapkan efisiensi berbasis riset operasi pada proses produksinya, hal ini akan memberikan efek domino positif bagi perekonomian nasional. Efisiensi pada tingkat mikro ini, jika diakumulasikan, akan berkontribusi pada penurunan biaya logistik nasional yang selama ini masih menjadi tantangan besar di Indonesia. Oleh karena itu, riset ini diharapkan bukan sekadar menjadi pemenuhan syarat akademis, melainkan menjadi pionir bagi digitalisasi manajemen operasional bagi komunitas bisnis lokal di wilayah Jayapura dan sekitarnya.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan metode transportasi berbasis *software* POM-QM *for Windows* berhasil mengoptimalkan pola distribusi air galon di Depot Dok 8 Bawah berdasarkan struktur tarif biaya distribusi yang baru. Berdasarkan analisis komputasi dengan model biaya seragam antar-pengantar di setiap koridor jalan, solusi layak dasar yang dihasilkan oleh algoritma *North West Corner* (NWC) terbukti sudah langsung mencapai titik paling optimal tanpa memerlukan pergeseran iterasi lebih lanjut. Adapun rincian alokasi penugasan akhir yang direkomendasikan oleh sistem meliputi Pengantar 1 yang menyalurkan 22 galon secara eksklusif ke Jalan Serui, Pengantar 2 yang menyalurkan 1 galon ke Jalan Serui, 13 galon ke Jalan Sampan, dan 3 galon ke Jalan Nimboran, serta Pengantar 3 yang menyalurkan 11 galon secara penuh ke Jalan Nimboran. Formasi ini berhasil mengantarkan total volume pasokan sebanyak 50 galon secara tepat sasaran dengan akumulasi total biaya operasional minimum yang sangat efisien, yaitu sebesar Rp 93.500. Transformasi manajemen logistik berbasis data ini tidak hanya memberikan kepastian kalkulasi biaya yang transparan bagi pemilik usaha, tetapi juga menciptakan pembagian rute kerja yang objektif di lapangan guna mendukung efisiensi operasional pelaku UMKM di tanah Papua.

DAFTAR PUSTAKA

- Aljarizi, A., dkk. (2025). Analisis Efisiensi Distribusi Produk pada UMKM Menggunakan Metode *North West Corner* (NWC) dan *Least Cost*. *Jurnal Sains Student Research*, 3(1), 14–15.
- Fadjri, A., dkk. (2025). Analisis Model Transportasi Tidak Seimbang pada Perusahaan Distribusi dengan Metode NWC dan *Stepping Stone*. *Journal of Mathematics*, 7(2), 69–71.
- Kolopita, E., Umboh, A. H., Kamasi, N. V. V., & Wuwung, V. (2024). Analisis Perbandingan Metode *North West Corner* dan *Least Cost* dengan Pengujian Akhir *Stepping Stone*. *Jurnal Sains dan Teknologi*, 4(2), 25–34. DOI: 10.70524/vbgq7s42.
- Nteseo, S., Katili, M. R., Nurwan, & Wungguli, D. (2021). Metode *North West Corner* untuk Meminimumkan Biaya Transportasi dengan Uji Optimal *Stepping Stone* pada Distribusi Tabung LPG 3 Kg. *Jurnal Edukasi dan Sains Matematika (JES-MAT)*, 7(2), 117–128.

- Praba, A. D., Safitri, M., & Faridi, F. (2024). Optimasi Distribusi Produk Pertanian dengan Metode North-West Corner. *Jurnal Teknik*, 13(1), 46–55. DOI: 10.31000/jt.v13i1.11332.
- Amaluna, M. I., Alamsyah, N., Khofia, R., & Fauzi, M. (2022). Mengoptimalkan Biaya Transportasi Menggunakan Metode North West Corner (NWC) dan Software Lingo. *JURMATIS*, 1(2), 45–53.
- Hasanain, M. A., dkk. (2024). Optimasi Biaya Distribusi Tahu Menggunakan Metode NWC dan Stepping Stone. *Islamic Economics Journal*, 10(1), 88–97.
- Pangaribuan, N. K., & Sitepu, S. (2024). Implementasi Stepping Stone Method pada Optimasi Biaya Distribusi Keramik. *Leibniz: Jurnal Matematika*, 4(1), 23–31.
- Santoso, H. B., Indrasari, L. D., Komari, A., & Tripariyanto, A. Y. (2021). Optimasi Biaya Transportasi pada Jasa Distribusi Air Minum Menggunakan Metode North West Corner. *Barometer*, 6(2), 112–120.
- Fendiyanto, P., & Kurniawan. (2025). Optimasi Biaya Distribusi Brownies Menggunakan Metode North West Corner dan Stepping Stone. *Proximal*, 8(1), 15–24.